

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09181052 A

(43) Date of publication of application: 11 . 07 . 97

(51) Int. Cl

H01L 21/3065

C23C 16/50

C23F 4/00

H01L 21/205

H05H 1/46

(21) Application number: 08153357

(22) Date of filing: 24 . 05 . 96

(30) Priority: 26 . 05 . 95 JP 07152678

(71) Applicant: TOKYO ELECTRON LTD GOTO
NAOHISA ANDO
MAKOTO TAKADA
JUNICHI HORIIKE YASUHIRO

(72) Inventor: ISHII NOBUO
GOTO NAOHISA
ANDO MAKOTO
TAKADA JUNICHI
HORIIKE YASUHIRO

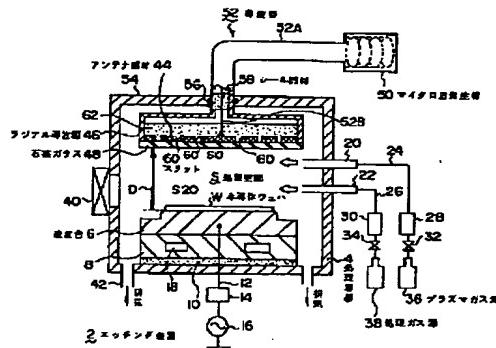
(54) PLASMA TREATING APPARATUS

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plasma treating apparatus capable of generating a plasma, utilizing an electrostatic field generated by a microwave.

SOLUTION: A plasma treating apparatus comprises a hermetic treating vessel having a holder 6 to hold a work W inside, a microwave generator 50, a waveguide 52 to guide a microwave generated by the generator 50 to the vessel 4, a planar antenna 44 which is connected to the waveguide 52 and faced at the holder 6, many slits 60 formed like many loops at the antenna 44 and means 20 and 22 for feeding gases into the vessel 4. To form an electrostatic field exponentially attenuating away from the surface of the antenna in the vessel 4, the slits 60 are set to be shorter than the guide wavelength of the microwave and distance between the slits 60 is set to be shorter than this guide wavelength. The microwave is fed to the antenna 44 to form an electrostatic field exponentially attenuating away from the antenna surface to form a plasma.



特開平9-181052

(43)公開日 平成9年(1997)7月11日

(51) Int.CI.	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 01 L	21/3065		H 01 L 21/302	B
C 23 C	16/50		C 23 C 16/50	
C 23 F	4/00		C 23 F 4/00	D
H 01 L	21/205		H 01 L 21/205	
H 05 H	1/46		H 05 H 1/46	B

審査請求 未請求 請求項の数11 FD (全 11 頁)

(21)出願番号	特願平8-153357	(71)出願人	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂5丁目3番6号
(22)出願日	平成8年(1996)5月24日	(71)出願人	000166801 後藤 尚久 東京都八王子市城山手2-8-1
(31)優先権主張番号	特願平7-152678	(71)出願人	000117674 安藤 真 神奈川県川崎市幸区小倉1番地1-I-312
(32)優先日	平7(1995)5月26日	(74)代理人	弁理士 浅井 章弘
(33)優先権主張国	日本(JP)		

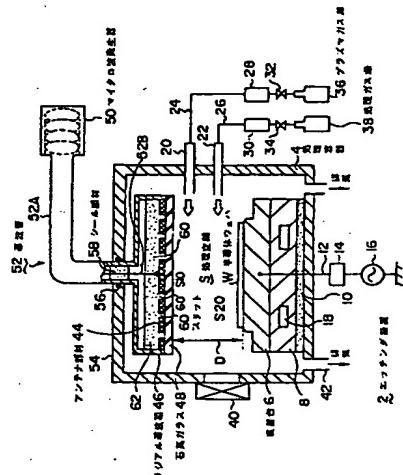
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57)【要約】

【課題】マイクロ波により発生する静電場を利用してプラズマを発生させることのできるプラズマ処理装置を提供する。

【解決手段】被処理体Wを載置する載置台6を内部に設けた気密な処理容器4と、マイクロ波発生器50と、このマイクロ波発生器にて発生したマイクロ波を前記処理容器へ導くための導波管52と、この導波管に接続されて前記載置台と対向して配置された平面アンテナ部材44と、このアンテナ部材に多数のループ状に形成された多数のスリット60と、前記処理容器内へガスを供給する手段20, 22とを備え、前記スリットの長さを、前記処理容器内にアンテナ表面から離れるにつれて指數関数的に減衰する静電界を形成するために、前記マイクロ波の管内波長よりも短く設定すると共に前記アンテナ部材の半径方向における前記スリット間の距離を前記マイクロ波の管内波長より短い長さに設定するように構成する。これにより、アンテナ部材にマイクロ波を供給して処理空間に、アンテナ表面から離れるにつれて指數関数的に減衰する静電界を作り、プラズマを形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被処理体を載置する載置台を内部に設けた気密な処理容器と、マイクロ波発生器と、このマイクロ波発生器にて発生したマイクロ波を前記処理容器へ導くための導波管と、この導波管に接続されて前記載置台と対向して配置された平面アンテナ部材と、このアンテナ部材に多数のループ状に形成された多数のスリットと、前記処理容器内へガスを供給する手段とを備え、前記スリットの長さを、前記処理容器内にアンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰する静電界を形成するために、前記マイクロ波の管内波長よりも短く設定すると共に前記アンテナ部材の半径方向における前記スリット間の距離を前記マイクロ波の管内波長より短い長さに設定するように構成したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 前記ループ状は、同心円状或いは渦巻き状であることを特徴とする請求項1記載のプラズマ装置。

【請求項3】 前記アンテナ部材の半径方向に隣り合う前記スリットの形成する電界の位相は相互に逆位相となるように設定されることを特徴とする請求項1または2記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】 前記スリットの長さは、前記アンテナ部材の中心部側から半径方向外側に位置するに従って順次、僅かに大きく設定され、前記アンテナ部材の周縁部におけるプラズマ密度を中心部側よりも大きくするように構成したことを特徴とする請求項1乃至3記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】 前記スリットの長さ方向は、前記スリットの同心円或いは渦巻きの略接線方向に沿っていることを特徴とする請求項1乃至4記載のプラズマ処理装置。

【請求項6】 被処理体を載置する載置台を内部に設けた気密な処理容器と、マイクロ波発生器と、このマイクロ波発生器にて発生したマイクロ波を前記処理容器へ導くための導波管と、この導波管に連通された複数の分岐導波管と、この分岐導波管に接続されて前記載置台と対向して配置された平面アンテナ部材と、このアンテナ部材に前記分岐導波管毎において相互に平行状態になるように形成された多数のスリットと、前記処理容器内へガスを供給する手段とを備え、前記スリットの長さを、前記処理容器内にアンテナ面から離れるにつれて指数関数的に減衰する静電界を形成するために、前記マイクロ波の管内波長よりも短く設定すると共に前記スリットの長さ方向と直交する方向におけるスリット間の距離を前記マイクロ波の管内波長より短い長さに設定するように構成したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項7】 前記スリットのそれぞれは、前記マイクロ波の管内波長の1/2を中心として管内波長の±30%の範囲内の長さを有することを特徴とする請求項1乃至6記載のプラズマ処理装置。

【請求項8】 前記スリットの幅方向に隣り合うスリット間の距離は、前記マイクロ波の管内波長の5%~50%の範囲内の長さに設定されていることを特徴とする請求項1乃至7記載のプラズマ処理装置。

【請求項9】 前記平面アンテナ部材の、被処理体と面する面とは反対の面を覆って、前記導波管から供給されるマイクロ波の波長を短くして管内波長とする誘電体を有することを特徴とする請求項1乃至8記載のプラズマ処理装置。

【請求項10】 前記平面アンテナ部材の最外周には、ここに伝搬されてくるマイクロ波を略完全に静電場に変換するために、内側のスリットの長さよりも長く設定された整合スリットを形成していることを特徴とする請求項1乃至8記載のプラズマ処理装置。

【請求項11】 前記分岐導波管は、アンテナ部材より立設されて互いに平行に延びた複数の区画壁を有し、各分岐導波管は隣接する区画壁間で規定されており、且つ幅方向に隣り合うようにして区画壁に沿って並んでいることを特徴とする請求項6記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、マイクロ波によりアンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰する静電界を形成して、これによりプラズマを発生させるプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、半導体製品の高密度化及び高微細化に伴い半導体製品の製造工程において、成膜、エッチング、アッシング等の処理のためにプラズマ処理装置が使用される場合があり、特に、0.1~数10 m Torr程度の比較的圧力が低い高真空状態でも安定してプラズマを立てることができることからマイクロ波とリング状のコイルからの磁場とを組み合わせて高密度プラズマを発生させるマイクロ波プラズマ装置が使用される傾向にある。

【0003】 従来、この種のマイクロ波プラズマ装置としては磁場形成手段を有するプラズマ発生室にマイクロ波導入口を設けて電子サイクロトロン共鳴空洞を形成し、プラズマ発生室からイオンを引き出して反応室内の半導体ウエハにイオンビームを照射する装置（特公昭58-13626号公報）、或いはマイクロ波の導入によってプラズマを発生する放電管をマイクロ波導入方向から試料方向に向かって主放電部より先の部分で広がった構造として、面積の広いプラズマ処理を可能とした装置（特開昭59-202635号公報）等が知られている。

【0004】 しかしながら、特公昭58-13626号公報に示すような装置にあってはプラズマ発生室と反応室とを有することから装置全体が大型になってコスト高となるのみならず、プラズマからイオンを電界で効率良

くウエハに照射するには1000V前後の高電圧が必要となってしまう。

【0005】また、特開昭59-2026353号公報に示すような装置にあってはリング状のコイルに電流を流して発生させた磁力線がウエハ表面に対して垂直でなく傾斜するため、そのため例えはエッチング処理状態も磁力線の方向に傾斜してしまい、垂直なエッチングを行うことができない。

【0006】これらの問題点を解決するために、本発明者が特開平4-361529号公報において開示した装置によれば、反応室のマイクロ波導入面とウエハ載置面との間を特定の距離だけ離すようにしてここに電子サイクロトロン共鳴を励起する空洞共振器構造を形成しており、比較的小型で且つ高密度なプラズマを立てることができた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したような装置にあってはプラズマ発生のために磁界を必要とすることから永久磁石や電磁コイル等の磁界発生手段を設けなければならず、依然として装置自体が比較的大きいのみならず、コストも高くなっているという問題がある。

【0008】また、上記した装置にあっては、6インチウエハ程度の比較的のサイズが大きくなりウエハの場合には処理領域全体に亘ってある程度、均一なプラズマを発生させることができる。しかしながら、今日のようにウエハサイズが8インチ、12インチ等のように大口径化すると、ウエハ中央部近傍や周辺部の電界が強くなってしまってその処理領域全体に亘って電界分布を均一化させるのが困難になって電界分布が不均一になり、プラズマ処理においても面内均一性が望めなくなってしまう。

【0009】そこで、本発明者は、先の出願（特願平6-248767号）において、磁界を用いることなくマイクロ波だけでプラズマを発生させることができるプラズマ処理装置を提案した。この処理装置は、電磁波を発生するように配列された多数のスリットを有する平面状のアンテナ部材にマイクロ波を供給することにより、アンテナ部材から処理容器内に向けて電磁波を照射し、この電磁波エネルギーによりプラズマ用ガスを解離してプラズマを発生するようになっている。

【0010】これによれば、アンテナ部材から放射される電磁波の作用によりガスを解離して、ある程度の密度の高いプラズマを形成することができたが、しかしながら、より密度の高いプラズマを得るためにより大きな電力を投入しようと思ってもある程度以上の電力を投入することができず、従って、その投入電力が制限されてしまうことから、例えば約 $7 \times 10^{10} / \text{cm}^3$ 以上のプラズマ密度を得ることができないことが判明した。この理由は電力を投入するに従ってプラズマ振動数が上昇してプラズマ密度も上がるが、一般的に磁場の不存在下のプ

ラズマの比誘電率は次第にゼロに近づいてくる傾向にあり、そのためにプラズマ中にエネルギーをある程度以上は投入できずに放射された電磁波はエネルギーを持ったまま反射されてアンテナ部材に戻ってしまうからである。

【0011】本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、マイクロ波によりアンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰する電界を形成して、この電界10を利用してプラズマを発生させることのできるプラズマ処理を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明者は、プラズマ発生のメカニズムについて鋭意研究の結果、電力の投入形態として電磁波を用いた場合には前述のように生成プラズマの比誘電率が次第にゼロに近づくことから電力投入量に限界が生ずるが、アンテナ部材のスリットの形態を僅かに変更して、電力投入形態として電磁波ではなく、アンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰する20ように発生する静電界を利用することにより投入電力量を大幅に増加させることができる、という知見を得ることにより、本発明に至ったものである。

【0013】第1の発明は、被処理体を載置する載置台を内部に設けた気密な処理容器と、マイクロ波発生器と、このマイクロ波発生器にて発生したマイクロ波を前記処理容器へ導くための導波管と、この導波管に接続されて前記載置台と対向して配置された平面アンテナ部材と、このアンテナ部材に多数のループ状に形成された多数のスリットと、前記処理容器内へガスを供給する手段30とを備え、前記スリットの長さを、前記処理容器内にアンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰する静電界を形成するために、前記マイクロ波の管内波長よりも短く設定すると共に前記アンテナ部材の半径方向における前記スリット間の距離を前記マイクロ波の管内波長より短い長さに設定するように構成したものである。第2の発明は、被処理体を載置する載置台を内部に設けた気密な処理容器と、マイクロ波発生器と、このマイクロ波発生器にて発生したマイクロ波を前記処理容器へ導くための導波管と、この導波管に連通された複数の分岐導波管と、この分岐導波管に接続されて前記載置台と対向して配置された平面アンテナ部材と、このアンテナ部材に前記分岐導波管毎において相互に平行状態になるように形成された多数のスリットと、前記処理容器内へガスを供給する手段とを備え、前記スリットの長さを、前記処理容器内にアンテナ面から離れるにつれて指数関数的に減衰する静電界を形成するために、前記マイクロ波の管内波長よりも短く設定すると共に前記スリットの長さ方向と直交する方向におけるスリット間の距離を前記マイクロ波の管内波長よりも短く設定するように構成

40 第2の発明は、被処理体を載置する載置台を内部に設けた気密な処理容器と、マイクロ波発生器と、このマイクロ波発生器にて発生したマイクロ波を前記処理容器へ導くための導波管と、この導波管に連通された複数の分岐導波管と、この分岐導波管に接続されて前記載置台と対向して配置された平面アンテナ部材と、このアンテナ部材に前記分岐導波管毎において相互に平行状態になるように形成された多数のスリットと、前記処理容器内へガスを供給する手段とを備え、前記スリットの長さを、前記処理容器内にアンテナ面から離れるにつれて指数関数的に減衰する静電界を形成するために、前記マイクロ波の管内波長よりも短く設定すると共に前記スリットの長さ方向と直交する方向におけるスリット間の距離を前記マイクロ波の管内波長よりも短く設定するように構成50したものである。

【0014】第1の発明は、以上のように構成したので、アンテナ部材からは電波が放出されず、代わりに処理容器内に上述したようにアンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰するような静電界が形成されることになる。この静電場によりプラズマ用ガスは、励起されてプラズマ化されるのであるが、電磁場の場合と異なって投入電力量に限界が発生せずにより多くの電力を投入することが可能となる。従って、生成プラズマの密度を大幅に向上させることができ、また、処理空間におけるプラズマ密度も均一化させることができる。また、アンテナ部材の中心部側より周縁部側に位置するスリット長を僅かに大きくするように設定すれば、プラズマ形成空間においてアンテナ部材の中心部側よりも周縁部側の方のプラズマ密度を高くすることができ、従って、プラズマ形成空間とプロセス空間が分離されている結果、プロセス空間の周縁部のプラズマ密度が低下する傾向にあるような形態の処理装置においては、プロセス空間におけるプラズマ密度を広範囲に亘って略均一化させることができるとなる。第2の発明によれば、それぞれの分歧導波管におけるスリットは相互に平行状態になるように形成され、しかも、その長さ及び隣接スリット間の距離は第1の発明の場合と同じように形成されているので、アンテナ部材からは電波が放出されず、代わりに処理容器内に、アンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰するような静電界が形成され、第1の発明の場合と同様な作用を呈すことになる。また、第1及び第2の発明において、スリットの長さは、上記マイクロ波の管内波長の1/2を中心として管内波長の±30%の範囲内の長さに設定するのが好ましい。更に、平面アンテナ部材の半径方向に隣り合うスリットの距離は、マイクロ波の管内波長の5%~50%の範囲内の長さに設定するのが好ましい。また、平面アンテナ部材の被処理体と対向する面とは反対の面を覆って誘電体を形成することにより、これに供給されるマイクロ波の波長を短くすることにより管内波長を短くするのが好ましい。

【0015】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係るプラズマ処理装置の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。図1は第1の発明に係るプラズマ処理装置の一例を示す断面図、図2は図1に示す処理装置に用いるアンテナ部材を示す平面図、図3は図2に示すアンテナ部材の拡大平面図である。

【0016】本実施例においてはプラズマ処理装置をプラズマエッティング装置に適用した場合について説明する。図示するようにプラズマ処理装置としてのこのプラズマエッティング装置2は、例えば側壁や底部がアルミニウム等の導体により構成されて、全体が筒状に成形された処理容器4を有しており、内部は密閉された処理空間Sとして構成されている。

【0017】この処理容器4内には、上面に被処理体と

しての例えは半導体ウエハWを載置する載置台6が収容される。この載置台6は、例えばアルマイト処理したアルミニウム等により中央部が凸状に平坦になされた略円柱状に形成されており、この下部は同じくアルミニウム等により円柱状になされた支持台8により支持されると共にこの支持台8は処理容器4内の底部に絶縁材10を介して設置されている。

【0018】上記載置台6の上面には、ここにウエハを保持するための静電チャックやクランプ機構(図示せず)が設けられ、この載置台6は給電線12を介してマッチングボックス14及び例えば13.56MHzのバイアス用高周波電源16に接続されている。載置台6を支持する支持台8には、プラズマ処理時のウエハを冷却するための冷却水等を流す冷却ジャケット18が設けられる。

【0019】上記処理容器4の側壁には、ガスの供給手段として、容器内にプラズマ用ガス、例えばアルゴンガスを供給する石英パイプ製のプラズマガス供給ノズル20や処理ガス、例えばエッティングガスを導入するための例えは石英パイプ製の処理ガス供給ノズル22が設けられ、これらのノズル20、22はそれぞれガス供給路24、26によりマスフローコントローラ28、30及び開閉弁32、34を介してそれぞれプラズマガス源36及び処理ガス源38に接続されている。処理ガスとしてのエッティングガスは、CF₃、CHF₃、CF₄ガス等を用いることができる。また、容器側壁の外周には、この内部に対してウエハを搬入・搬出する時に開閉するゲートバルブ40が設けられる。

【0020】また、容器底部には、図示されない真空ポンプに接続された排気口42が設けられており、必要に応じて処理容器4内を所定の圧力まで真空引きできるようになっている。一方、処理容器4内の上部には、静電場を形成するための、本発明の特長とする平面アンテナ部材44が設けられる。具体的にはこの平面アンテナ部材44は、高さの低い中空円筒状容器よりなるラジアル導波箱46の底板として構成され、処理容器4の天井部より支持させて、上記載置台6に対向させて設けられる。この導波箱46は、導電性材料、例えばアルミニウムにより形成され、その表面にはアルマイト処理が施されてプラズマに対する耐久性を向上させている。このアンテナ部材44の下面全面に亘って保護板として例えは厚さ2mm程度の石英ガラス48が気密に設けられており、プラズマからアンテナ部材44を保護すると同時に、導電箱46内を気密に保持している。この石英ガラス48に代えて保護板としてセラミック薄板等を用いるようにしてもよい。

【0021】円盤状のラジアル導波箱46の上面の中心には、他端が例えは2.45GHzのマイクロ波発生器50に接続された導波管52の外管52Aが接続され、内部の内側ケーブル52Bは円板状アンテナ部材44の

中心部に接続されるか、或いは僅かにこれより離間されている。図示例にあっては接続されている場合を示す。この導波管としては、断面円形或いは矩形の導波管や同軸導波管を用いることができ、本実施例では同軸導波管が用いられる。導波管52の処理容器天井部54の貫通部には、Oリング等のシール部材56が介在されており、気密性を保持している。また、導波管52と導電箱46との接続部には、例えばセラミックシールによるシール材58が管内にロウ付け等により気密に設けられており、導電箱46内を真空状態に保持している。

【0022】上記円板状アンテナ部材44は、例えば直径50cm、厚み1mm以下の導電性材料よりなる円板、例えば銅板よりなり、この銅板には図2(A)にも示すように中心部より少し外側へ例えば数cm程度離れた位置から開始されて、多数のスリット60が多数のループ状、例えば同心状に次第に周縁部に向けて形成されている。図示例にあっては、スリット60が同心円状に形成されている場合を示しているが、これに代えて図2(B)に示すようにスリット60を渦巻状に形成するようにしてもよい。すなわち、図2(B)においては、多数のスリット60が導電性円板の中心から外周に向かうのに従って次第に大きくなる多数のループ上に、ループに長手方向が沿うようにして、互いに長手方向ならびに幅方向に所定間隔を有して配置されている。このようなループは、中心より外周に向かう渦巻線として形成されている。

【0023】本実施例では、各スリット60の長さLは、上記マイクロ波発生器50からのマイクロ波の管内波長の略1/2程度に設定されてると共にその幅は約1mm程度になされている。また、アンテナ部材44の半径方向において隣接するスリット60間の距離S1も上記マイクロ波の管内波長よりも短い長さ、特に、管内波長の5%~50%の範囲内に設定するのが好ましい。このような条件を満足する形でアンテナ部材44の全面に亘ってスリット群を形成している。

【0024】上記スリット60の長さLの許容範囲は、管内波長λ以下であり、好ましくは、管内波長の1/2を中心として管内波長の±30%程度の範囲内である。上記スリット60の長さLが短すぎると部分的に静電場が生じるだけなので好ましくなく、また、長さLが管内波長もしくはそれ以上であると、静電界を発生する効率が低下するので望ましくない。効率の点を考慮すると管内波長の1/2が一番好ましく、これよりも長く、もしくは短くなるのに従って効率は低下する。特にスリットの長さLが管内波長以上になると、電界分布に他のモードが重畠する様になるので一層効率が低下してしまう。また、アンテナ部材の半径方向に隣り合うスリット間の距離S1は、マイクロ波の管内波長、もしくはそれ以上であると、電磁波がアンテナ部材の平面から発振するので、すなわち、静電界の発生方向と同方向に発振してし

まうので、静電界の生成効率が低下し、好ましくない。また、この距離S1が、管内波長の略1/2に設定されると、スリット相互で発生される静電界は逆位相となり、好ましい。

【0025】このように、スリット長さ及びスリット間の距離を厳しく規定することにより、このアンテナ部材44にマイクロ波を通じた時には、電磁波を放出した本発明者による先の出願の技術とは異なり、処理空間には、アンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰するような電界を形成することが可能となる。このために、電力投入によりプラズマ密度が増加してこの比誘電率がゼロに近づいても、更なる電力の投入が可能となる。

【0026】この場合、アンテナ部材44の全面に亘って形成されている各スリット60の長さLを等しくしてアンテナ部材直下に形成される、アンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰するような電界の強さを水平方向において均一化させるようにしてもよいが、形成される静電場の強さに偏りを生じさせるためにアンテナ部材44の中心部側と周縁部側とでスリットの長さを上記した許容範囲内で僅かに変更させることによってよい。例えば図3に示す拡大図のようにアンテナ部材の中心部側から半径方向外方に位置するに従ってスリットの長さは順次僅かずつ大きくなるように設定してもよく、例えば最内周に位置するスリット60Aの長さL1は

$(1/2 - 1/10)\lambda$ (λ : マイクロ波の管内波長)程度の長さに設定し、最外周に位置するスリット60Bの長さL2は $(1\text{以下} \sim 4/10)\lambda$ 程度の長さに設定することができる。これにより、中心部側よりも周縁部側にて強い静電場を形成することが可能となる。尚、スリットの外周であって、アンテナ部材の最外周に、ここに伝搬されてくるマイクロ波を略完全に静電場に変換するための整合スリットを設けるようにして、アンテナ効率を向上させるようにしてもよい。

【0027】一方、ラジアル導波箱46内には、アンテナ部材に供給されるマイクロ波の波長を短くして波長の短い管内波長とするために所定の誘電率の誘電体62が収容されている。この誘電体62としてはAl₂O₃、SiN等の誘電損失の少ないものを用いることができる。また、アンテナ部材44の下面と載置台6の上端載置面との間の距離Dは、例えば5~7cm程度に設定されており、処理空間Sを、プラズマ形成領域S10と、この空間より拡散するプラズマによる活性種で実際に処理を行なうプロセス領域S20とに分離している。

【0028】次に、以上のように構成された本実施例の動作について説明する。まず、ゲートバルブ40を介して半導体ウエハWを搬送アームにより処理容器4内に収容し、リフタピン(図示せず)を上下動させることによりウエハWを載置台6の上面の載置面に載置する。

【0029】そして、処理容器4内を所定のプロセス圧

力、例えば0.1~数10 mTorrの範囲内に維持して、プラズマガス供給ノズル20からアルゴンガスを流量制御しつつ供給すると共に処理ガス供給ノズル22から例えばCF₄等のエッティングガスを流量制御しつつ供給する。同時にマイクロ波発生器50からのマイクロ波を、導波管52を通してアンテナ部材44に供給して処理空間Sに、アンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰するような電界を形成し、これによりプラズマを発生させ、エッティング処理を行う。

【0030】ここで、マイクロ波発生器50にて発生した例えは2.45GHzのマイクロ波はTEMモードで同軸導波管44内を伝搬してラジアル導波箱46のアンテナ部材44に到達し、内側ケーブル52Bの接続された円板状のアンテナ部材44の中心部から放射状に周辺部に伝搬される間に、このアンテナ部材44に同心円状に多数形成されたスリット60間に静電界が生じ、従って、アンテナ部材直下の処理空間Sの上部、具体的には、プラズマ形成領域S10に、アンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰するような静電界が形成されることになる。この静電場により励起されたアルゴンガスがプラズマ化し、この下方に位置するプロセス領域S20に拡散してここで処理ガスを活性化して活性種を作り、この活性種の作用でウエハWの表面に処理、例えはエッティングが施されることになる。

【0031】ここで、本発明においては、上述のようにスリット60の長さL及びアンテナ部材44の半径方向に隣り合うスリット間の距離S1を規定したので、アンテナ部材44からは電磁波はほとんど出ず、アンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰するような電界のみが形成されることになる。従って、先の出願技術のように電磁波を放出する構造の場合には、電力投入に従ってプラズマ密度が高くなるとその振動周波数も高くなってしまって比誘電率がゼロとなり、それ以上の電力投入ができなくなることから発生するプラズマ密度には前述のように限界が生じたが、本発明のように電力投入を静電場を用いて行なうことによりそのような上限値がなくなり、効率的に電力を供給することができ、一層大きな電力投入が可能となる。

【0032】従って、投入電力量に応じてプラズマ密度を高密度化させることができ、しかもアンテナ部材44の下方のプラズマ形成領域S10の全域に亘って高い密度のプラズマを安定して形成することができる。本発明者が先に提案したスリット形状で電磁波の形で電力を投入した時には、プラズマの最大密度は略 $7 \times 10^{10} / \text{cm}^3$ であり、ここでカットオフが生じてしまってこれ以上の高密度のプラズマは形成できなかつたが、本発明のように静電場を利用して電力を投入した時には略 1×1

$0^{11} / \text{cm}^3$ までプラズマ密度を高めることができ、良好な結果を得ることができた。

【0033】また、処理室間S内を、プラズマ形成領域S10とその下部のプロセス領域S20とに分離できるような構造の装置においては、図4に示すようにプラズマ形成領域S10にて形成されたプラズマ乃至解離ガスはこの下方のプロセス領域S20に拡散して行き、ここで処理ガスの活性種が形成されることになる。そのため、図5に示すようにプラズマ形成領域S10における静電場強度を面内均一に形成すると、生成プラズマは上述のように拡散して下方に流れることからプロセス領域S20中におけるプラズマ密度（活性種密度と同等）が周縁部64において低下してダレが生じてしまい、ウエハの面内均一処理ができない場合があった。

【0034】そこで、図3に示すようにスリット60の長さLをアンテナ部材44の中心部側より周辺部側に行くに従って、僅かずつ順次長く設定することにより、アンテナ部材の直下の周縁部の静電場の強度をその中心部側よりも大きくすることができる。この時の状態は、図6に示されており、プラズマ形成領域S10の静電場の強度は、周縁部66の方がその中心部側よりも僅かに大きくなってしまっており、従ってこの下方に位置するプロセス領域S20の静電場の肩部（周縁部）のダレが抑制され、先のダレを補償してプロセス領域の全域に亘って密度が均一となり、且つ高密度なプラズマ（活性種）を安定して発生させることが可能となる。

【0035】尚、上記実施例では、処理空間Sの高さが大きくて上下に異なる機能を有する2つの領域を形成できるような構造の装置を例にとって説明したが、この種の装置に限定されず、アンテナ部材と載置台との間の距離が狭くなされてプラズマ形成領域とプロセス領域が一体化された装置にも適用し得るのは勿論である。ここで、本発明装置に用いる平面アンテナ部材の具体的な形状を図7乃至図10に示す。

【0036】図7乃至図10はそれぞれ実施例1乃至実施例4の平面アンテナ部材を示す平面図である。各実施例においては、その最外周に、ここまで伝搬されてくるマイクロ波を略完全に静電場に換えるための整合スリット100が形成されており、アンテナ部材の外周での反射波をなくしてアンテナ効率を高めている。ここでは、マイクロ波の周波数は2.45GHzの高周波を用い、セラミック材の比誘電率を加味して管内波長を略40mmに設定している。アンテナ部材の各パラメータは表1に示されている。

【0037】

【表1】

平面アンテナ部材	実施例1(図7)	実施例2(図8)	実施例3(図9)	実施例4(図10)
アルミナの比誘電率	9.6	9.6	9.6	9.6
R _{max} [mm]	250	250	250	250
R _{min} [mm]	52.8	52.8	52.0	52.0
スリット幅 [mm]	2.0	2.0	2.0	2.0
整合スリットの有無	有	有	有	有
整合スリット長 [mm]	29.8	29.8	29.8	29.8
整合スリット以外のスリット長 [mm]	25.0	25.0	29.5	29.5
整合スリット以外のスリットの方向の間隔 [mm]	4.0	8.0	4.0	8.0
スリット数	1097	581	1090	578

【0038】ここで、R_{max}は、最外周スリットまでの直径を示し、R_{min}は、最内周スリットまでの直径を示している。また、実施例3、実施例4において、整合スリット以外のスリット長が、それぞれ29.5mm～23.2mmとなっているが、これは前述したように半径方向外側に行く程、スリット長がこの範囲内で次第に長くなっている状態を示している。尚、ここでの各パラメータは、当然のこととして単に一例を示したに過ぎず、これに限定されないのは勿論である。

【0039】上記第1の発明においては、同心円状或いは渦巻き状にスリットを配列してラジアル構造として同軸導波管を用いて円板状のアンテナ部材44の中心にマイクロ波を供給し、この中心から半径方向外方へマイクロ波が伝播する時にその下方へエネルギーを放出させるような構造としたが、これに限定されず、例えば各スリットを相互に平行となるようにアンテナ部材に形成するようにもよい。図11はこのような第2の発明の装置のアンテナ部材を示す断面図、図12はその平面図、図13はマイクロ波の導入状態を平面的に示した模式図である。尚、図示例にあっては、アンテナ部材の近傍のみを示し、他の部分の記載は省略してある。

【0040】図示するようにこの第2の発明においては、同軸導波管に代えて通常の矩形導波管70を用いてマイクロ波を伝播しており、導波箱72内に収容される円板状のアンテナ部材44の表面からこれと同じ材料の銅製の区画壁74を起立させて等間隔で複数個、図示例において3個設けている。これにより導波箱72内を4つに分割して、その上端が上記矩形導波管70に連通された複数、すなわち4つの分岐導波管76を形成している。

【0041】そして、区画壁74で区画形成された各分岐導波管76において、これに対応するアンテナ部材には相互に平行に配列された多数のスリット60が形成されている。各スリットの長さL及び隣り合うスリット間

の距離S1は前記第1の発明の場合と全く同様に形成されている。すなわち、スリットの長さLはマイクロ波の管内波長よりも短く、例えば管内波長の略1/2程度に設定し、また、スリット間の距離S1もマイクロ波の管内波長よりも短く、例えば管内波長の略1/2程度に設定する。そして、2つの区画壁74、74間の距離L5は、以下の式のようにマイクロ波の管内波長λgの1/2以上とし、且つ管内波長以下となるように設定し、高次モードの静電界が発生しないようにする。

$$1/2 \cdot \lambda g \leq L_5 \leq \lambda g$$

図示例においては、説明を判りやすくするために区画壁76は3個しか形成していないが、実際には多数個形成される。また、各分岐導波管76内に形成されるスリットは、一列に図示されているが、複数列でもよく、互いに平行でなくとも、また等間隔でなくても良い。更に、スリット60は区画壁74に対して平行でなければ良く、必ずしも直交する必要はない。

【0042】そして、導波管内部は、誘電体としてセラミック材62を充填する点及び矩形導波管70の途中にセラミック材よりなるシール部材58を気密に介在させて導波箱72内を真空状態に保持する点は第1の発明の場合と同じである。また、この誘電体としてのセラミック材62は真空のシールドも兼ねることになる。尚、この図示例にあっては、アンテナ部材を円板形状としたが、これを処理空間の上部全域を覆える程度の大きさの正方形或いは長方形などの矩形状に成形するようにしてもよい。

【0043】この第2の発明の場合にも、第1の発明と同様な作用効果を呈することになる。すなわち、矩形導波管70を伝播してきたマイクロ波は、矢印に示すように各分岐導波管76内に順次導入され、分岐導波管76毎にスリット群より投入電力が、アンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰するような静電界として処理空間に投入される。

【0044】従って、電磁波を放出した先の出願技術とは異なり、電力投入によりプラズマ密度が増加して比誘電率がゼロに近づいても、更なる電力投入が可能となる。尚、上記各実施例にあっては、半導体ウエハのプラズマエッチング処理を例にとって説明したが、これに限定されずプラズマを使用する装置ならばどのようなものにも適用でき、例えばプラズマアッシング装置、プラズマCVD装置等にも適用でき、更には、被処理体としては半導体ウエハには限定されず、他の被処理体、例えばサイズの大型化が期待されるLCD基板等の処理にも適用し得る。また、平面アンテナ部材のスリットの分布は、同心円状もしくは、渦巻き状に限定されることはなく、処理空間に、実質的に電磁波を発振しないで、静電界を形成することができればどのような分布でも良く、好ましくは、被処理体の形状に応じて任意に選定される。例えば、矩形のLCD基板を被処理体として使用する場合には、スリットは共通の中心を有する多数の矩形線に沿って配設され得る。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のプラズマ処理装置によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。平面アンテナ部材にマイクロ波を流して処理空間に、アンテナ表面から離れるにつれて指数関数的に減衰するような電界を形成してプラズマを発生させるようにしたので、プラズマ密度に関係なく電力を投入することができ、従って、電磁波を利用して電力を投入した場合よりもはるかに高い密度のプラズマを広範囲な領域に亘って均一に且つ安定的に形成することができる。特に、スリットを同心円状或いは渦巻き状に形成したラジアル構造の場合には、スリットの長さをアンテナ部材の半径方向外側に位置するもの程、僅かずつ長く設定することにより、アンテナ部材の周縁部の電磁場を強くすることができ、従って、この周縁部に対応するプロセス領域周縁部のプラズマ密度の低下を補償することができ、プラズマ密度の面内均一化を一層向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の発明に係るプラズマ処理装置の一例を示す断面図である。

【図2】図1に示す処理装置に用いるアンテナ部材を示す平面図である。

【図3】図2に示すアンテナ部材の拡大平面図である。

【図4】処理空間内のプラズマ形成領域とプロセス領域を模式的に示す図である。

【図5】プラズマ形成領域の静電場強度が均一な場合のプロセス領域のプラズマ密度を示す図である。

【図6】プラズマ形成領域の周縁部の静電場強度を大きくした時のプロセス領域のプラズマ密度を示す図である。

【図7】実施例1の平面アンテナ部材を示す平面図である。

【図8】実施例2の平面アンテナ部材を示す平面図である。

【図9】実施例3の平面アンテナ部材を示す平面図である。

【図10】実施例4の平面アンテナ部材を示す平面図である。

【図11】第2の発明のプラズマ処理装置のアンテナ部材を示す断面図である。

【図12】図11に示すアンテナ部材の平面図である。

【図13】マイクロ波の導入状態を平面的に示した模式図である。

【符号の説明】

2 プラズマエッチング装置（プラズマ処理装置）

4 処理容器

6 載置台

44 アンテナ部材

50 マイクロ波発生器

52 導波管

60 スリット

30 70 矩形導波管

72 導波箱

74 区画壁

76 分岐導波管

100 整合スリット

L スリットの長さ

S 処理空間

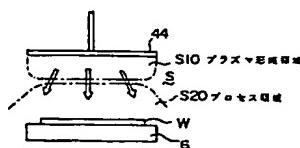
S1 隣設スリット間の距離

S10 プラズマ形成領域

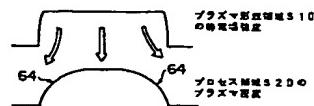
S20 プロセス領域

40 W 被処理体（半導体ウエハ）

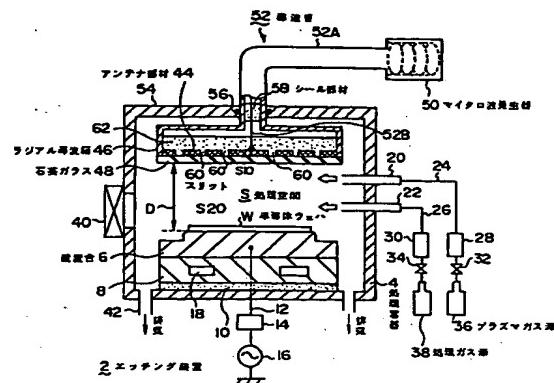
【図4】



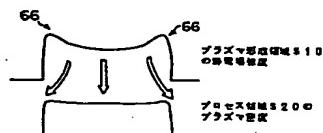
【図5】



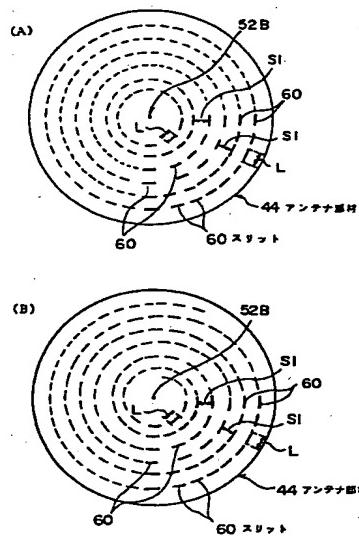
【図1】



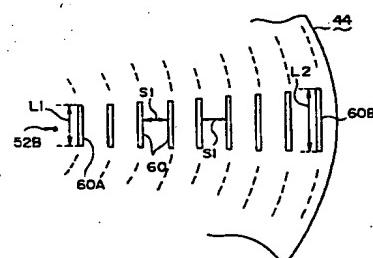
【図6】



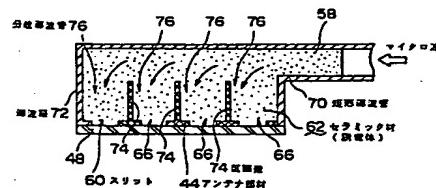
【図2】



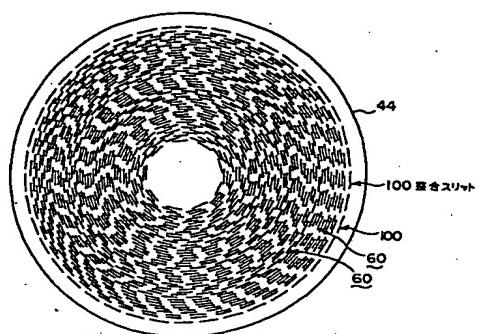
【図3】



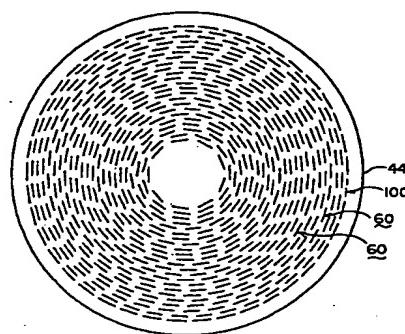
【図11】



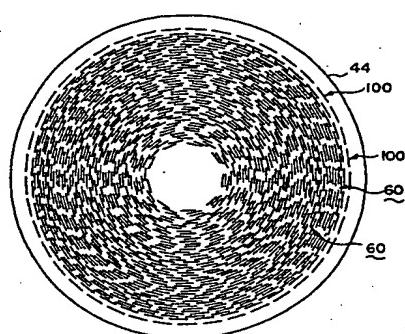
[図7]



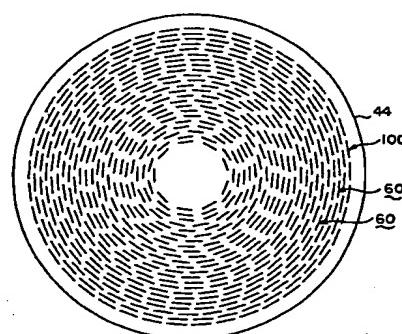
[図8]



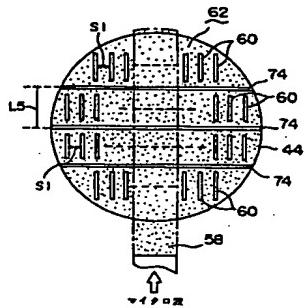
[図9]



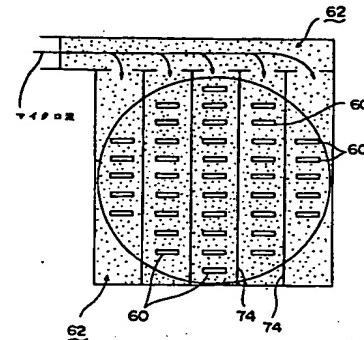
[図10]



[図12]



[図13]



フロントページの続き

(71)出願人 591076763

高田 潤一

千葉県船橋市二和東5-36-8-102

(71)出願人 594169385

堀池 靖浩

東京都保谷市東伏見3-2-12

(72)発明者 石井 信雄

東京都港区赤坂5丁目3番6号 東京エレクトロン株式会社内

(72)発明者 後藤 尚久

神奈川県川崎市宮前区土橋6-15-1-A
514

(72)発明者 安藤 真

神奈川県川崎市幸区小倉1-1、I-312

(72)発明者 高田 潤一

千葉県船橋市二和東5-36-8-102

(72)発明者 堀池 靖浩

東京都保谷市東伏見3丁目2番12号